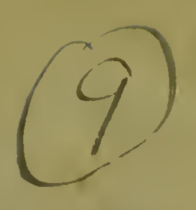
ZUR

ANATOMIE DES KNIEGELENKES.



INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE EINER HOHEN MEDIZINISCHEN FACULTÄT ZU BERN

VORGELEGT

VON

HERMANN ALBRECHT.

Von der medizinischen Facultät zum Druck genehmigt auf Antrag von Prof. Aeby.

Bern März 1876. Der Decan: Prof. Kocher.

(Separatabdruck aus der Deutschen Zeitschrift für Chirurgie. VII. Band.)

LEIPZIG,
DRUCK VON J. B. HIRSCHFELD.
1876.



ZUR
ANATOMIE DES KNIEGELENKES.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE EINER HOHEN MEDIZINISCHEN FACULTÄT ZU BERN

VORGELEGT

VON

HERMANN ALBRECHT.

Von der medizinischen Facultät zum Druck genehmigt auf Antrag von Prof. AEBY.

Bern März 1876. Der Decan: Prof. KOCHER.

(Separatabdruck aus der Deutschen Zeitschrift für Chirurgie. VII. Band.)

LEIPZIG,
DRUCK VON J. B. HIRSCHFELD.
1876.



SEINEM LEHRER

HERRN DR. CHRISTOPH AEBY

PROFESSOR DER ANATOMIE AN DER HOCHSCHULE BERN

ALS ZEICHEN SEINER VEREHRUNG

GEWIDMET

VOM VERFASSER.



Für den Mechanismus des Kniegelenkes ist die Form der durch den Oberschenkel gebildeten Gelenkfläche von hervorragender Bedeutung. Die Gebrüder Weber[1]) sind wohl die ersten, welche sie durch Messung festzustellen gesucht und eine Ansicht begründet haben, die im wesentlichen noch heutigen Tages fast allgemein getheilt wird. Darnach ist die sagittale Schnittcurve der Condylen eine eigentliche Spirale, deren Krümmungshalbmesser von vorn nach hinten stetig abnehmen (Langer[2]), Hyrtl[3])), oder aber sie wird als aus zwei ungleichen Kreissegmenten, einem vorderen flachern und einem hinteren steiler eingerollten, zusammengesetzt angesehen (Meyer[4]), Henle[5]), Aeby[6])). Henke[7]) dagegen stellt sich auf einen ganz anderen Boden. Ihm spricht die Thatsache, dass man der einfachen Drehung der Bandscheibe folgend einen Kreisdurchschnitt erhält, dafür, dass die Condylen sphäroid- oder ellipsoidähnliche Körper darstellen, deren Scheitel etwas abwärts gegen die Incisur gerichtet seien. Genauere und namentlich eine grössere Anzahl von Individuen umfassende Messungen scheinen, soweit mir die Literatur zugänglich ist, noch von Niemand vorgenommen worden zu sein. Auf Anregung des Herrn Prof. Aeby habe ich mich dieser

---

1) Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge. Göttingen 1836. § 68.

2) Lehrbuch der Anatomie. Wien 1865. § 51.

3) Lehrbuch der Anatomie. Wien 1862. S. 325.

4) Lehrbuch der Anatomie. Leipzig 1861. S. 131.

5) Handbuch der Knochenlehre. Braunschweig 1855. S. 258.

6) Der Bau des menschlichen Körpers. Leipzig 1871. S. 311.

7) Handbuch der Anatomie und Mechanik der Gelenke. Leipzig und Heidelberg 1863. S. 225.

Aufgabe unterzogen. Ich bediente mich dabei der durch ihn für Gelenkuntersuchung eingeführten und sowohl von ihm selbst[1]), als auch von seinen Schülern[2]) für eine Anzahl von Gelenken bereits mit so günstigem Erfolge angewendeten Methode. Ich fühle mich verpflichtet, meinem hochverehrten Lehrer für die mir gewährte bereitwillige Unterstützung den wärmsten Dank auszusprechen.

Bei Messungen am Kniegelenk ist es vor allem nothwendig, sich über das Princip zu verständigen, von dem man ausgeht und das Ziel, welchem man zusteuert, klar zu bezeichnen. Die bestehenden Bewegungsverhältnisse sind ja keineswegs einfache und die Frage stellt sich ganz anders, je nachdem man den Oberschenkel in seinem Verhalten gegenüber dem Unterschenkel oder aber gegenüber den Ligg. falcata auffasst. In letzterem Falle haben wir zwei selbstständige Gelenke, die wohl anatomisch zusammenhängen, physiologisch aber, das heisst in der Art und Weise ihrer Bewegung, völlig von einander unabhängig sind. Im ersten Falle treten uns beiderseits in ihrer Form durchaus unveränderliche Flächen entgegen. Diese schaffen trotz allen eigenthümlichen Beigaben physiologisch ein einziges Gelenk, da bei der starren, jede selbständige Verschiebung ausschliessenden Vereinigung der beiden Seitenhälften von einer andern als durchaus gleichzeitigen und gleichförmigen Bewegung nicht die Rede sein kann. Für die Verschiebung der Ligg. falcata ist in jedem Condylus eine besondere, abweichend von derjenigen des Nachbarcondylus gerichtete Achse vorhanden, für diejenige des Unterschenkels ist beiden ein und dieselbe Achse gemeinsam. Die Bewegungen des Kniegelenkes nehmen bekanntlich jeweilen diese sämmtlichen Achsen in Anspruch und es entsteht daher vor allem die Frage, ob sie für den Mechanismus des Gelenkes auch als gleichwerthig sollen angesehen werden, oder ob den einen ein höherer typischer Werth beizulegen sei als den andern. Von ihrer Lösung wird es abhängen, in welcher Richtung wir nach der maassgebenden Krümmung der Gelenkfläche zu suchen haben. Henke hat bekanntlich das Hauptgewicht auf die selbstständige Bewegung der Sichelbänder gelegt, und zwar in dem Grade, dass er in ihnen die Componenten für die in der Gelenkbewegung des Knies zu Tage

---

1) Aeby, Beiträge zur Kenntniss der Gelenke. Deutsche Zeitschr. f. Chirurgie. Bd. VI.

2) Fr. Schmid, Ueber Form und Mechanik des Hüftgelenkes. Deutsche Zeitschrift f. Chirurgie. Bd. V. — H. Pütz, Beiträge zur Anatomie u. Physiologie des Sprunggelenkes. Zeitschrift f. praktische Veterinärwissenschaft von H. Pütz 1876.

tretende Resultante glaubt erblicken zu sollen. Seine Durchschnittsebene fällt daher auch ganz folgerichtig mit der Linie zusammen, welche während der Beugung und Streckung von einem bestimmten Punkte der Sichelbänder auf der Oberfläche der Condylen gezeichnet wird. Ich kann mich mit dieser Auffassung gleich vielen Andern nicht einverstanden erklären. Ein Hauptgrund liegt für mich darin, dass der Oberschenkel nicht in seinem ganzen Umfange auf den genannten Bändern ruht, sondern in einer nicht unbeträchtlichen Ausdehnung unmittelbar auf dem Unterschenkel steht und ebenso unmittelbar seine Endfläche von diesem abwickelt. Hier allein und nirgend anders darf meiner Ueberzeugung nach der Schwerpunkt für den Mechanismus des Kniegelenkes gesucht werden. Sein Charakter wird durch die Profillinie bestimmt, in welcher sich Ober- und Unterschenkel ohne Zwischentritt der Sichelbänder in den verschiedenen Phasen der Bewegung berühren oder von einander abheben. Die Verschiebung der Sichelbänder ist nur ein Nebenproduct der typischen Gelenkthätigkeit. Sie geht neben ihr her, ohne irgendwie auf ihren Charakter einzuwirken. Auch nach Wegnahme der Sichelbänder bleibt sich dieser ja völlig gleich. Ich kann daher für den Mechanismus des Gelenkes ihrer Lageveränderung kaum eine höhere Bedeutung zuschreiben, als derjenigen der benachbarten Fettwülste, welche ja gleichfalls zwischen die Gelenkflächen vordringen und von ihnen bei gegenseitiger Lageveränderung in bestimmten Richtungen verschoben werden. Es ist sicherlich von Wichtigkeit, auch solche Nebenwirkungen in einem Gelenke genau zu kennen und es ist Henke immerhin als Verdienst anzurechnen, dass er das Verhalten der Ligg. falcata genauer, als es vor ihm geschehen war, festgestellt hat. Irgendwie entscheidendes Gewicht kann ich jedoch den Bewegungen dieser Bänder nicht zugestehen. Ich habe ihnen daher bei meinen Untersuchungen, welche den Grundtypus des Kniegelenkes zum Ziele hatten, keine weitere Aufmerksamkeit geschenkt.

Dem Gesagten zufolge betrachte ich also für die Bewegung im Kniegelenke diejenige Linie als typisch, in welcher sich die Oberschenkelfläche von der Schienbeinfläche abwickelt. Sie möglichst genau zu bestimmen und auf ihrer Grundlage die zugehörige Drehachse nachzuweisen, war meine nächste Aufgabe.

Man braucht nur einen Oberschenkel auf das betreffende Schienbein aufzusetzen oder noch besser, einen frontalen Schnitt durch das unversehrte Kniegelenk zu legen, um sich davon zu überzeugen, dass die Contactlinie zwischen beiden Knochen der grössten Peripherie

der Condylen entspricht. Ich machte anfänglich den Versuch, sie vermittelst Zirkel und Lineal auf der Gelenkfläche zu construiren, musste mich jedoch sehr bald von dem Unbefriedigenden dieser Methode überzeugen. Herr Prof. Aeby rieth mir zu einer andern, die sich bei der Anwendung sowohl durch ihre Einfachheit als auch durch ihre Genauigkeit empfahl. Meine sämmtlichen Messungsresultate sind durch sie gewonnen worden. Sie beruht im Wesentlichen auf dem schon längst verwertheten Princip der Ganglinien, nur dass solche nicht durch Stifte eingeritzt, sondern durch Farbe aufgetragen wurden. Es ist nämlich, da die Oberschenkelcondylen das Schienbein nur mit ihren am meisten vortretenden Punkten berühren, klar, dass sie sich von einer ebenen Fläche in gleicher Weise abwickeln müssen, wie von diesem. In Würdigung dieser Verhältnisse wurde ein flach auf den Tisch ausgebreitetes Papierblatt mit farbiger Kreide bestrichen und das untere Ende des Oberschenkels mit leichtem Druck darauf hin- und hergerollt. Die Contactlinien der beiden Condylen färbten sich dabei in Form zweier gerader, unter sich paralleler Streifen und es war nun ein Leichtes, sie vermittelst dünner Wachsscheiben in ihrer ganzen Ausdehnung aufs Genaueste abzunehmen, auf Papier zu übertragen und hier in der durch die bereits genannten Arbeiten von Aeby und seinen Schülern wohl hinreichend bekannten Weise zu untersuchen. Dass nur frische und gesunde Gelenke herbeigezogen wurden, ist wohl selbstverständlich. Das Resultat war durchgehends ein und dasselbe. Die beiden Contactlinien erschienen beim Erwachsenen in keinem einzigen der 25 untersuchten Fälle als einfache Kreise. Ebensowenig besassen sie den Charakter wirklicher Spiralen. Sie liessen sich vielmehr überall sehr genau auf zwei Kreise von verschiedenem Halbmesser zurückführen. In manchen Gelenken gingen beide so in einander über, dass die benachbarten Grenzradien zusammenfielen. In der Regel geschah dies indessen nicht, sondern die beiden Kreisabschnitte erschienen gegen einander abgeknickt. In welchem Grade dies geschieht, lässt sich aus dem von den betreffenden Grenzradien eingeschlossenen „Abknickungswinkel“ ersehen. Ich stelle zunächst die tabellarisch geordneten Messungsresultate erwachsener Gelenke zusammen. Die erste Tabelle enthält neben den absoluten Werthen der Radien in Mm. auch die relativen Werthe der kleineren Radien eines jeden Condylus in Procenten des zugehörigen grössern Radius. In der zweiten Tabelle folgen die Winkelwerthe der einzelnen Kreissegmente in Gesellschaft der eben erwähnten Abknickungswinkel. Nach dem Verhalten der beiden Condylen zu

einander scheiden sich die untersuchten Gelenke in zwei Gruppen. In der einen besitzt das vordere Kreissegment des äussern Condylus einen kleinern, in der andern einen grössern Radius als das entsprechende Segment des innern Condylus. Ich hielt es für zweckmässig, die beiden Gruppen nicht zu vermengen.

	Absoluter Werth der Krümmungsradien in Mm.				Relativer Werth des kleineren Radius; zugehöriger grösserer Radius = 100.	
	Condylus internus.		Condylus externus.			
	Vorderes Kreissegm.	Hinteres Kreissegm.	Vorderes Kreissegm.	Hinteres Kreissegm.	Condylus internus.	Condylus externus.
I. 1 links	36	17	30	18	47,2	60,0
2 rechts	32	17	30,5	18	53,1	59,0
3 links	33	18	30	19	54,5	63,3
4 rechts	31	16,5	30	20	53,2	66,6
5 rechts	32	19	28	20,5	59,4	73,2
6 links	28,5	15	26,5	15	52,6	56,6
7 rechts	28	15	28	15	53,5	53,5
8 links	32	19	23	19	59,4	82,6
9 rechts	32	18	25	19	56,2	76,0
10 links	31,5	16	26	20	50,8	76,9
11 rechts	31,5	17,5	21,5	15	55,5	79,7
12 links	37,5	19	28	18,5	50,7	66,1
13 rechts	36	18	29	17	50,0	58,6
14 rechts	28,5	19	26	15	66,7	42,3
15 rechts	36	21	27	21	58,3	77,7
16 links	34,5	17,5	23,5	19	50,7	80,8
17 rechts	33,5	16,5	29	20	49,3	69,0
II. 18 links	42	20,5	44	20,5	48,8	46,6
19 links	36,5	22,5	40,5	25	61,6	61,7
20 rechts	30	17,5	31,5	21	58,3	66,6
21 links	30	19	35	21	63,3	60,0
22 links	33,5	18	34,5	19	53,7	55,1
23 rechts	29,5	16,5	33,5	17,5	55,9	52,2
24 rechts	31,5	20,5	37	19	65,0	51,3
25 links	31	18,5	37	20	59,0	54,0

	Absoluter Werth der einzelnen Kreissegmente in Graden.					
	Condylus internus.			Condylus externus.		
	Vorderes Segment.	Hinteres Segment.	Abknickungswinkel.	Vorderes Segment.	Hinteres Segment.	Abknickungswinkel.
I. 1 links	42	121	0	44	106	0
2 rechts	47	112	0	45,5	104	0
3 links	68,5	88	4	65	84	8
4 rechts	85	111	1,5	65,5	90	8
5 rechts	60,5	103	4	73	70	11
6 links	82	97	5	72	93	0
7 rechts	75	108	0	66	99	0
8 links	75	94	5	68	100	7
9 rechts	66	80	5	62	92	10
10 links	83	95	7	76	84	6

	Absoluter Werth der einzelnen Kreissegmente in Graden.					
	Condylus internus.			Condylus externus.		
	Vorderes Segment.	Hinteres Segment.	Abknickungs-winkel.	Vorderes Segment.	Hinteres Segment.	Abknickungs-winkel.
11 rechts	66	101	5	95	86	7
12 links	71	101	3	59	114	5
13 rechts	66	114	4	66	103	8
14 rechts	67	122	2	50	115	5
15 rechts	68	118	2.5	82	100	3
16 links	73	110	0	75	90	0
17 rechts	76	97	0	50	110	3
II. 18 links	53,5	124	0	46	125	6
19 links	92	90	10	45	115	4
20 rechts	85	82	0	50	88	12
21 links	83	83	2	47	90	11,5
22 links	78	110	2	45	102	7
23 rechts	42	107	0	48	99	5
24 rechts	76	82	6	37	112	4
25 links	76	92	0	35	107	0

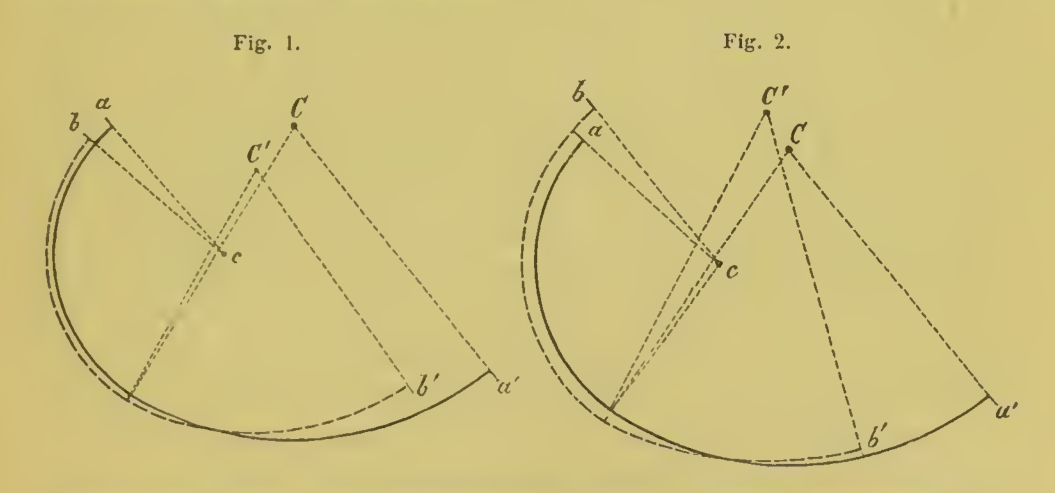
Hieraus berechnen sich als Mittelwerthe:

	Absoluter Werth des Krümmungsradius in Mm.				Relativer Werth des kleineren Radius; zugehöriger grösserer Radius = 100.	
	Condylus internus.		Condylus externus.			
	Vorderes Kreissegm.	Hinteres Kreissegm.	Vorderes Kreissegm.	Hinteres Kreissegm.	Condylus internus.	Condylus externus.
I.	32,5	17,6	27,1	18,2	54,2	67,2
	(28,0—36,0)	(15,0—21,0)	(23,0—30,0)	(15,0—21,0)	(47,2—66,7)	(42,3—82,6)
II.	33,0	19,1	36,6	20,4	57,9	55,8
	(29,5—42,0)	(16,5—22,5)	(31,5—44,0)	(17,5—25,0)	(48,8—65,0)	(46,6—66,9)

	Absoluter Werth der einzelnen Kreissegmente in Graden.					
	Condylus internus.			Condylus externus.		
	Vorderes Segment.	Hinteres Segment.	Abknickungs-winkel.	Vorderes Segment.	Hinteres Segment.	Abknickungs-winkel.
I.	68,9	104,4	2,8	65,5	96,5	4,9
	(42—85)	(80—122)	(0—7)	(44—95)	(70—115)	(0—14)
II.	73,2	96,2	2,5	44,1	104,8	6,2
	(42—92)	(82—124)	(0—10)	(35—50)	(88—125)	(0—12)

Vorstehende Zahlen finden in Fig. 1 und 2 einen weitern Ausdruck. In den absoluten Werthen bietet das hintere Kreissegment beider Condylen eine grosse Gleichförmigkeit. Für das vordere Segment gilt solches nur vom innern Condylus, während der äussere

im Mittel der ersten und zweiten Gruppe die auffällige Differenz von beiläufig 10 Mm. enthält. Sehr selten sind die vorderen Segmente beider Condylen gleich gekrümmt. In der Regel sind sie verschieden, und zwar so, dass in zwei Dritttheilen der Fälle der Radius des äussern Condylus kleiner, in einem Dritttheile dagegen grösser ist als derjenige des innern. Ob und inwiefern diese Verschiedenheit mit anderweitigen Verhältnissen, vielleicht mit Eigenthümlichkeiten in der Stellung des Unterschenkels zum Oberschenkel zusammenhängt, vermag ich um so weniger zu entscheiden, als mir nur isolirte Gelenke zur Verfügung standen. Aeusserst verschieden ist das relative Grössenverhältniss der beiden Radien ein und desselben Condylus. Der äussere verhält sich darin besonders schwankend und die Grenzwerthe fallen bei ihm bis auf 40 Procent des grössern Radius auseinander. Im Mittel gehen wir nicht sehr fehl, wenn wir, um einen einfachen Ausdruck zu gewinnen, das Grössenverhältniss des kleinern zum grössern Radius für den innern Condylus beider Gruppen wie 3 : 5 bezeichnen. Gleiches gilt für den äussern Condylus der zweiten Gruppe, während sich das Verhältniss in der ersten wie 2 : 3 gestaltet.



Profillinie der beiden Condylen des Oberschenkels, Fig. 1, im Mittel der Gelenkgruppe I, Fig. 2, im Mittel der Gelenkgruppe II. aa^1 Condylus int.; bb^1 Condylus ext. — c Mittelpunkt des hintern Kreissegments beider Condylen; C Mittelpunkt des vordern Kreissegments des innern, C^1 des äussern Condylus.

Der Winkelwerth des ganzen Gelenkumfanges erreicht im Durchschnitt etwa 170 Grade, von denen 70 dem vordern, 100 dem hintern Segment angehören. Der individuellen Schwankung öffnet sich freilich auch hier ein weites Feld. Beide Segmente können sich völlig gleich werden, aber auch wiederum um das Doppelte, ja sogar das Dreifache auseinander gehen. Im letzteren Falle ist immer das hintere Segment im Vorsprunge. Sehr auffällig ist der Unter-

schied in den Winkelwerthen des äussern Condylus bei den beiden angenommenen Gruppen. Die Vergrösserung des vorderen Krümmungsradius in der II. Gruppe führt zu einer ansehnlichen Verkleinerung des Bogenwinkels. Die individuellen Grenzwerthe sprechen dafür, dass es sich nicht blos um eine zufällige Erscheinung handelt. — Im äussern Condylus sind beide Kreissegmente durchschnittlich etwas stärker gegen einander abgeknickt als im innern.

Ganz allgemein wurde bisher angenommen, dass die Krümmung der beiden Condylen identisch sei. Unsere Zahlen beweisen, dass solches nur in seltenen Ausnahmefällen wirklich stattfindet. Die beiden Condylen bieten für gewöhnlich eine ungleiche Krümmung. Nur die beiden hinteren Segmente können auf einen gemeinsamen Cylinder bezogen werden, nicht aber die vorderen. Diese sind Theile eines Kegels [1], dessen Mantelrand mit demjenigen des eben erwähnten Cylinders unmittelbar zusammenfällt, dessen Achse daher auch unmöglich mit derjenigen des letzteren gleich gerichtet sein kann. Die Cylinderachse steht für gewöhnlich quer, die Kegelachse dagegen schief und zwar in der ersten Gruppe von Gelenken, welche die Kegelspitze nach aussen kehren, von aussen und unten nach innen und oben, in der zweiten Gruppe umgekehrt von aussen und oben nach innen und unten. Wie die Figuren 1 und 2 zeigen, liegt das äussere Achsenende auch etwas nach hinten vom innern. Die Bewegung des Unterschenkels kann sich also nicht in einer einfachen sagittalen Ebene abspielen; letztere muss vielmehr für das vordere Gelenksegment selbst wieder Theil eines Kegelmantels sein.

Den Bedürfnissen der Physiologie ist mit der genauen Formbestimmung einer Gelenkfläche Genüge geleistet. Die Morphologie darf sich damit noch nicht zufrieden geben. Ihre Aufgabe verlangt auch den Nachweis der mechanischen Momente, welche gerade diese und nicht eine andere Form ins Dasein gerufen haben. Ist solches für die Condylen des Oberschenkels möglich? — Die Antwort scheint mir in den von Aeby [2] über die Formung von Gelenkflächen aufgestellten Sätzen in sicherer Weise gegeben. Das ausserordentliche Schwanken in den Grössenverhältnissen des hintern Krümmungs-

---

1) Es ist dieser Kegel nicht zu verwechseln mit dem Kegel von Langer (a. a. O. 152), den er für den einzelnen Condylus annimmt, wenn er sagt, dass die wahre Grundgestalt der Condylen die zweier Kegel sei, deren den Spitzen zugewendete Stücke durch die Kreuzbänder ergänzt werden und deren Achsen nicht vollständig in einander fallen, sondern sich etwas überkreuzen.

2) Beiträge zur Kenntniss der Gelenke. Deutsche Zeitschrift f. Chirurgie. Bd. VI.

radius zum vordern und mehr noch die so häufige Abknickung der beiden Bogensegmente gegen einander lässt kaum daran zweifeln, dass es sich bei deren Bildung nicht nur um im Typus des eigentlichen Gelenkmechanismus begründete Verhältnisse, sondern auch um Eingriffe und Störungen handle, die von aussen her an das Gelenk herantreten und dessen Grundform nicht rein zur Geltung kommen lassen. Die Vermuthung wird zur Gewissheit, wenn wir die Verhältnisse, unter welchen sich das Kniegelenk befindet, genauer ins Auge fassen. Bei weitaus den meisten Menschen überwiegt zeitlich die Strecklage des Knies. Die Condylen des Oberschenkels überragen hierbei nach hinten den Unterschenkel. Sie gerathen in den Bereich der zu diesem herabziehenden Muskeln, zumal des Gastrocnemius, und unterliegen deren Einflusse nach den von Aeby aufgestellten Gesetzen. Die stärker eingerollte Partie der Condylen entspricht denn auch in der That in allen Theilen so genau der von dem genannten Forscher am Oberarmkopf nachgewiesenen, durch Muskeldruck erzeugten Randzone, dass meiner Ansicht nach an ihrer völligen Gleichwerthigkeit nicht der geringste Zweifel bestehen kann. Immerhin erscheint es wünschenswerth, sich auch nach directen Beweisen dafür umzusehen. Ich richtete mein Augenmerk auf Gelenke, die unter anderen äusseren Bedingungen stehen, als diejenigen des erwachsenen Menschen, wo also nicht die Streck-, sondern die Beugelage vorherrscht und in Folge davon dem hintern Umfange des Gelenkkopfes ein besserer Schutz vor Muskeldruck gewährt wird. Fötale Gelenke des Menschen und thierische Gelenke erfüllen, wenngleich in verschiedenem Grade, diese Anforderungen. Ich habe eine Anzahl derselben genauer Messung unterworfen und theile das Ergebniss nachfolgend mit.

	Absoluter Werth der Krümmungsradien in Mm.				Relativer Werth des kleinen Radius; zugehöriger grösserer Radius = 100.	
	Condylus internus.		Condylus externus.			
	Vorderes Kreissegm.	Hinteres Kreissegm.	Vorderes Kreissegm.	Hinteres Kreissegm.	Condylus internus.	Condylus externus.
Menschl. Fötus v. 8 Mon.	7	5	7	7	71,4	100
Mädchen von 7 Monaten	16	7,5	15	9	46,8	60,0
Knabe von 1 Jahr	17	9	20	9,5	52,0	47,5
Kalb	34	31,5	41	30	92,6	73,1
Erwachsenes Rind I.	45	37	45	32	82,2	71,1
Erwachsenes Rind II.	35,5	29	41	26	81,6	63,4
Reh	13,5	13,5	18	10,5	100	58,3
Ziege	15	15	20	11	100	55,0
Pferd	34,5	29,5	34,5	34,5	85,5	100
Löwe	25	22	29	20	88,0	68,9
Affe (Jnuus)	12	9	9	9	75,0	100

	Absoluter Werth der einzelnen Kreissegmente in Graden.					
	Condylus internus.			Condylus externus.		
	Vorderes Segment.	Hinteres Segment.	Abknickungswinkel.	Vorderes Segment.	Hinteres Segment.	Abknickungswinkel.
Menschl. Fötus v. 8 Mon.	103	62	0	160		0
Mädchen von 7 Monaten	45	106	9	46	100	6
Knabe von 1 Jahr	64	88	7	48	81	7
Kalb	75	61	0	86	49	0
Erwachsenes Rind I.	72	69	7	138	32	0
Erwachsenes Rind II.	101	43	5	77	62,5	4
Reh	151		0	67	90	1
Ziege	104	21	9	43	98	0
Pferd	106	75	2	145		0
Löwe	79	67	10	58	79	7
Affe (Jnuus)	75	90	7	163		0

Meine Erwartungen haben sich vollständig erfüllt. Das fötale Gelenk des Menschen mit seiner beständigen Beugelage besitzt eine hintere Randzone am äusseren Condylus noch gar nicht und am inneren erst in geringem Umfange. Wie rasch sie sich später ausbildet, dafür zeugt das 7 monatliche und das 1 jährige Kind, welche in dieser Hinsicht schon ganz auf der Höhe des Erwachsenen stehen. Bei den Thieren fällt vor allem die ungemeine Verschiedenheit in dem Verhalten des äusseren und inneren Condylus auf, eine Verschiedenheit, die bei der verhältnissmässig geringen Excursionsweite des Gelenkes von vorn herein auf äussere, dem typischen Gelenksmechanismus an und für sich fremde Einflüsse hinweist. Einzelne Condylen entbehren der Randzone vollständig, die meisten indessen besitzen sie. Am inneren Condylus ist sie durchgängig weniger stark eingerollt als beim Menschen, dagegen schärfer vom vordern Theile der Gelenkfläche abgeknickt. Am äusseren Condylus tritt sie mit wenig Ausnahmen entschiedener hervor, was sich mühelos aus seiner freieren, vom Unterschenkel nach hinten zu weniger gedeckten Lage erklärt. Er ist dem Muskeldrucke mehr ausgesetzt, als sein Nachbar.

Auf die quere Wölbung der Condylen will ich nicht weiter eingehen, da sie nach meiner Auffassung für die Beuge- und Streckbewegungen des Knies ohne wesentliche Bedeutung ist und auch die Rotationsbewegung sich auf der von uns besprochenen Contactlinie vollzieht. Nur so viel mag bemerkt werden, dass sie nicht durchweg gleichförmig ist, sondern nach hinten zu meistentheils etwas zunimmt. Gar nicht selten ist sie auch nicht regelmässig. Man

trifft oft auf Gelenke, wo die quere Wölbung an dem einen oder andern Condylus durch eine sagittale, allerdings nur flache Kante unterbrochen ist. Bei vielen Thieren wird eine solche zur Regel und ihre Entwicklung kann eine solche Höhe erreichen, dass die Gelenkfläche durch eine Art von Kamm getheilt erscheint. Ihr inneres Feld ruht dann unmittelbar auf dem Schienbein, während das äussere dem Sichelbande gegenübertritt.

Die genaue Lagebestimmung der Drehpunkte des Kniegelenkes musste den Gedanken nahe legen, auch für die Ansätze der so äusserst wichtigen Bänder durch Messung genauere Auskunft zu erhalten, als eine solche bisher geboten war. Ich verfuhr nach der von Prof. Aeby angegebenen und zuerst in der Arbeit von Pütz über das Sprunggelenk des Pferdes praktisch erprobten Methode.

Am frischen Gelenke wurden vorerst die beiden Seitenbänder mit möglichster Sorgfalt herauspräparirt, so dass namentlich ihr oberes Ende vollkommen klar und deutlich hervortrat. Durch abwechselnde Beugung und Streckung war es dann leicht, für jedes Band denjenigen Theil ausfindig zu machen, der zur stärksten Spannung gelangt und mithin als der wirksamste muss angesehen werden. Derselbe wurde dicht am Knochen abgetragen und die Mitte der freigelegten Ansatzfläche in passender Weise gezeichnet. Bei den Kreuzbändern ging ich im Allgemeinen in gleicher Weise vor, nur dass ich hier die Mitte der ganzen Ansatzfläche nahm, da erfahrungsgemäss die beiden Hälften eines jeden Kreuzbandes abwechselnd in die stärkste Spannung versetzt werden. Für die Lösung der gestellten Aufgabe genügt es indessen auch für sie, die Lage des Mittelpunktes bestimmt zu haben, da sich nach ihr diejenige der peripherischen Punkte ja ohne weiteres erkennen und daraus das Verhalten der bezüglichen Faserbündel erschliessen lässt. An den so vorbereiteten Gelenken wurde nun die Profillinie der Condylen in früher geschilderter Weise bestimmt und hernach die Stellung der Bandansätze zu ihr aufgesucht. Ich maass zu diesem Behufe die Entfernung des angezeichneten Bandpunktes von drei willkürlich gewählten, auf ihre gegenseitigen Abstände geprüften Punkte der Profillinie und benutzte die erhaltenen Werthe, um die Stellungen sämmtlicher Punkte zu einander und somit auch zu den Mittelpunkten der Profillinie auf dem Papiere mit möglichster Sorgfalt zu construiren. Bei der Messung muss natürlich darauf geachtet werden, dass die Bandpunkte nicht in der Ebene der Profillinie, sondern ausserhalb derselben liegen. Um den richtigen Abstand zu finden, war es daher nöthig, sie auf diese Ebene zu projiciren oder,

was auf dasselbe hinauskommt, diese letztere bis zum Bandpunkte vorzuschieben. Ein über die Condylen quer gelegtes Lineal leistet das Gewünschte.[1]) Die zu ihm senkrecht auf die Bandpunkte gezogenen Linien liefern die gesuchten Grössen. Das Verfahren bietet, wenn es genaue Ergebnisse liefern soll, zuerst allerdings einige Schwierigkeiten. Uebung lehrt sie indessen bald überwinden. Zur objectiven Darstellung der Lagerungsverhältnisse wählte ich gleich Pütz ein rechtwinkliges Coordinatensystem, welches so orientirt

Absolute Werthe in Mm.

	Condylus internus.						
	Radius des Haupt-kreises.	Mittelpunkt des Nebenkreises.		Ansatzpunkt des Lig. lat. int.		Ansatzpunkt des Lig. cruc. post.	
		Ord.	Absc.	Ord.	Absc.	Ord.	Absc.
1	32	— 11	— 6	— 5,5	— 3,5	— 11	— 5
2	32	— 12,5	— 6,5	— 4	— 1	— 9	— 11
3	31,5	— 12,2	— 9	— 6	+ 3	— 12,5	— 7,2
4	31,5	— 12,5	— 6,5	— 7,5	— 1	— 17	— 4,5
5	37,5	— 15	— 9,5	— 7	0	— 17	— 14
6	36	— 16	— 9	— 10	— 2,5	— 19	— 7,2
7	28,5	— 12	— 8	— 2,5	0	— 11,4	— 5
8	36	— 13	— 7,3	— 5,5	+ 1,5	— 19	— 8
9	34,5	— 13	— 10	— 5,5	— 2	— 18,5	— 2,5
10	33,5	— 13,2	— 10	— 10	+ 2,5	— 21,3	— 3,5
Mittel:	33,3 (28,5—37,5)	— 13,0 (—11 b. —16)	— 8,2 (— 6 b. —10)	— 6,3 (—2,5 b. —10)	— 0,3 (—3,5 b. +3)	— 15,6 (—9b. —21,3)	— 6,7 (—2,5 b. —14)

Relative Werthe, Radius des Hauptkreises = 100.

	Condylus internus.						
	Radius des Haupt-kreises.	Mittelpunkt des Nebenkreises.		Ansatzpunkt des Lig. lat. int.		Ansatzpunkt des Lig. cruc. post.	
		Ord.	Absc.	Ord.	Absc.	Ord.	Absc.
1	100	— 34,4	— 18,7	— 17,1	— 10,9	— 34,4	— 15,6
2	100	— 39,1	— 20,3	— 12,5	— 3,1	— 28,1	— 34,4
3	100	— 38,7	— 28,6	— 19,0	+ 9,5	— 39,6	— 22,9
4	100	— 39,6	— 20,6	— 23,8	— 3,1	— 53,8	— 14,3
5	100	— 40,0	— 25,3	— 18,7	0	— 45,3	— 37,3
6	100	— 44,4	— 25,0	— 27,7	— 6,9	— 52,8	— 20,0
7	100	— 42,1	— 28,1	— 8,7	0	— 40,0	— 17,5
8	100	— 36,1	— 20,2	— 15,2	+ 4,1	— 52,8	— 22,2
9	100	— 37,7	— 28,9	— 15,9	— 5,8	— 53,6	— 7,2
10	100	— 39,1	— 29,8	— 29,8	+ 7,4	— 63,6	— 10,4
Mittel:	100	— 39,0 (-34,4 b.-44,4)	— 24,6 (-18,7b.-29,8)	— 18,9 (-8,7 b. -29,8)	— 0,9 (-10,9 b.+9,5)	— 46,8 (-28,1b.-63,6)	— 20,1 (-7,2 b.-37,3)

1) Der Abstand des Bandansatzes von der Profilebene ist zu gering und die kegelförmige Verjüngung der Gelenkfläche zu schwach, als dass durch sie für dieses Verfahren ein erheblicher Fehler bedingt würde. Eine sichere Gewähr für die Richtigkeit der Messung liegt darin, dass bei der Construction die drei

war, dass sein Nullpunkt mit dem Drehpunkt des grösseren Kreissegments, seine Ordinatenachse mit dessen Scheitelradius zusammenfiel. Die Bandansätze wurden dadurch allerdings zunächst nur auf den einen Drehpunkt bezogen. Ihre Stellung zum zweiten Drehpunkte, demjenigen des Nebenkreises, ergab sich aber unmittelbar aus dessen Lagerung im Coordinatensystem. Die bezüglichen Werthe mussten aus diesem Grunde ebenfalls aufgeführt werden.

Absolute Werthe in Mm.

	Condylus externus.						
	Radius des Haupt-kreises.	Mittelpunkt des Nebenkreises.		Ansatzpunkt des Lig. lat. ext.		Ansatzpunkt des Lig. cruc. ant.	
		Ord.	Absc.	Ord.	Absc.	Ord.	Absc.
1	23	— 4,3	0	— 1,5	+ 3	— 1,5	— 5
2	25	— 7,5	0	— 6	+ 2	— 9	— 4,5
3	26	— 6	— 2	— 3	0	— 5,5	— 7
4	21,5	— 5	— 3,2	+ 1	+ 2	— 6	— 6,5
5	28	— 9,2	— 3	— 4	+ 1	— 5,5	— 5,5
6	29	— 11,3	— 4,5	— 6	— 5	— 10	— 7
7	26	— 10.	— 3,5	— 8,5	+ 3	— 8	— 7
8	27	— 4,5	— 2,5	0	— 3	— 6	— 5,2
9	23,5	— 9	— 1	— 6	— 2,5	— 6	— 7,5
10	29	— 3,7	— 2,7	+ 3	— 7,5	— 2,5	— 9,2
Mittel:	25,8	— 7,0	— 2,2	— 3,1	— 0,7	— 6,0	— 6,4
	(21,5 — 29)	(—3,7 b. 11,3)	(0 b. — 4,5)	(— 8,5 b. +3)	(—7,5 b. +3)	(—1,5b. —10)	(—4,5b. —7,5)

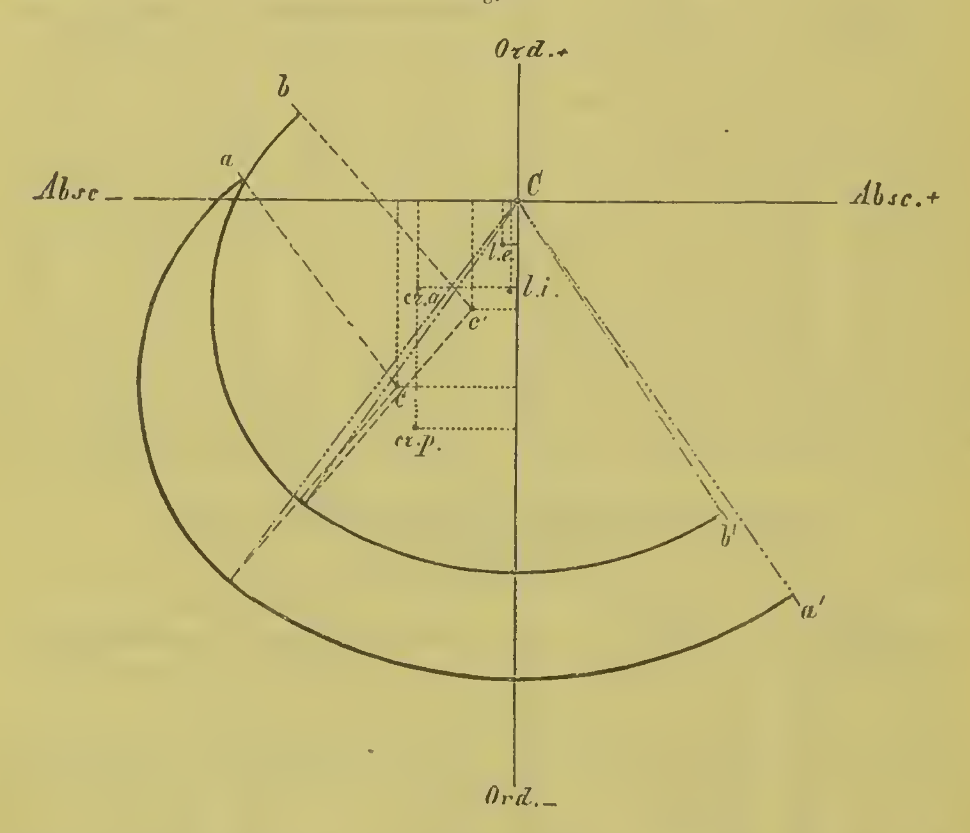
Relative Werthe, Radius des Hauptkreises = 100.

	Condylus externus.						
	Radius des Haupt-kreises.	Mittelpunkt des Nebenkreises.		Ansatzpunkt des Lig. lat. ext.		Ansatzpunkt des Lig. cruc. ant.	
		Ord.	Absc.	Ord.	Absc.	Ord.	Absc.
1	100	— 18,7	0	— 6,5	+ 13,0	— 6,5	— 21,7
2	100	— 30,0	0	— 24,0	+ 8,0	— 36,0	— 18,0
3	100	— 23,1	— 7,7	— 11,5	0	— 21,1	— 30,4
4	100	— 23,2	— 15,0	+ 4,6	+ 9,3	— 27,8	— 30,2
5	100	— 32,9	— 10,7	— 14,2	+ 3,5	— 19,6	— 19,6
6	100	— 29,0	— 13,5	— 20,7	— 17,3	— 34,5	— 24,2
7	100	— 38,5	— 13,4	— 32,6	+ 11,5	— 30,7	— 26,8
8	100	— 16,6	— 9,2	0	— 11,1	— 22,2	— 19,3
9	100	— 38,3	— 4,4	— 25,5	— 10,6	— 25,5	— 31,8
10	100	— 12,6	— 9,3	+ 10,3	— 25,8	— 8,6	— 31,7
Mittel:	100	— 27,1	— 8,5	— 12,0	— 2,7	— 23,2	— 24,8
		(-12,6 b. -38,3)	(0 b. — 15,0)	(-32,6b. +10,3)	(-17,3b. +13,0)	(-6.5 b. -36,0)	-18,0 b. -31,8

gemessenen Abstände ganz genau in Einem Punkte, dem des Bandansatzes, zusammentreffen. Die vorstehende Tabelle enthält nur Messungen, die in dieser Hinsicht nichts zu wünschen übrig liessen. Die Zahlen dürfen daher Anspruch auf volle Genauigkeit machen.

Es ist vorerst hervorzuheben, dass sämmtliche Gelenke dem ersten der beiden von uns aufgestellten Typen angehören. Der Halbmesser ist beim äusseren Condylus durchweg kleiner als beim inneren. Selbstverständlich können die gefundenen Resultate unmittelbar nur für diese Form des Gelenkes Anspruch auf strenge Gültigkeit beanspruchen, und ich muss es aus Mangel an Erfahrung auf sich beruhen lassen, ob der zweite Typus, wo der grössere Halbmesser dem äusseren Condylus zufällt, in der Ansatzweise seiner Bänder Modificationen erleidet. Jedenfalls haben wir es, da der betreffende Typus zwei Dritttheile aller Fälle umfasst, mit der Regel zu thun.

Fig. 3.



Profillinien des mittleren Gelenkes, beide auf dasselbe Coordinatensystem bezogen; $1\frac{1}{2}$fache natürliche Grösse. *aa*¹ innerer, *bb*¹ äusserer Condylus. — *C* Mittelpunkt des Hauptkreises beider Condylen; *c* Mittelpunkt des Nebenkreises des inneren, *c*¹ des äusseren Condylus. — *l.i.* inneres, *l.e.* äusseres Seitenband. — *cr.a.* vorderes, *cr.p.* hinteres Kreuzband. — Die Coordinatenlinien der verschiedenen Punkte fein punktirt, die Radien der Hauptkreise gestrichelt punktirt, die Radien der Nebenkreise einfach gestrichelt.

Ein Blick auf die Mittelwerthe aller 10 Gelenke, die in Fig. 3 ihren graphischen Ausdruck finden, gibt uns vor allem die Gewissheit, dass von den sämmtlichen Bändern kein einziges wirklich centrisch angeheftet ist, wie vielfach angenommen zu werden scheint. Die Mitte der Bandansätze fällt überall so weit neben die Drehpunkte des Gelenkes, dass bei den einen sicher gar keine, bei den anderen

höchstens einige Randbündel bis zu ihnen vorrücken. Des Ferneren macht sich sofort die bedeutsame Thatsache geltend, dass die Art der Anheftung für die beiden Seitenbänder eine andere ist, als für die Kreuzbänder. Jene suchen die Nachbarschaft des Mittelpunktes der Hauptkreise, diese die Nähe des Mittelpunktes der Nebenkreise. Fassen wir sie einzeln ins Auge.

Die beiden Seitenbänder wählen ihren Ansatz unterhalb des bezüglichen Drehpunktes und zwar das äussere in geringerer Entfernung von ihm als das innere. Individuell kann jenes wohl bis zur Höhe des Drehpunktes (No. 8 der Tabelle) oder selbst über sie hinaus (No. 4 und 10) emporsteigen, bei diesem wurde solches nicht beobachtet. Beide Ansätze liegen nahezu senkrecht unter dem Drehpunkte im Scheitelradius des zugehörigen Kreises. Individuell kommen sie bald etwas vor, bald etwas hinter ihn zu liegen, wie aus dem wechselnd positiven und negativen Vorzeichen der betreffenden Zahlen ersichtlich wird. Im Mittel überwiegt eine geringe Ablenkung nach rückwärts.

Weniger übereinstimmend verhalten sich die Ansätze der Kreuzbänder. Bei ihnen kommt sogar ein wirklicher Gegensatz zur Geltung, indem das Ende des vorderen Bandes nach hinten und um ein weniges auch nach oben, dasjenige des hinteren Bandes nach vorn und in annähernd gleichem Maassstabe auch nach unten von dem Drehpunkte des hinteren Gelenkabschnittes verlegt wird. Auch individuell hält sich das vordere Band immer hinter dem Drehpunkte, rückt dagegen bisweilen unter denselben herab. Das hintere Band unterliegt den meisten Schwankungen. Sein Ansatz wird statt vor hinter und statt unter über dem benachbarten Drehpunkte angetroffen. Die Rolle des Bandes im Mechanismus des Kniegelenkes kann daher nicht überall eine streng übereinstimmende sein.

Im Allgemeinen macht sich, wie in der Lage des untern Drehpunktes oder des Mittelpunktes des Nebenkreises, so auch im Ansatze der Bänder relativ wie absolut auf Seite des inneren Condylus eine bedeutendere Excentricität bemerklich als auf Seiten des äusseren.

Excentrisch angeheftete Bänder ändern schon bei gleichförmig gebogenen Gelenkflächen während der Bewegung ihre Spannung. Beim Kniegelenke kommt ausserdem hinzu, dass die Fläche sich nach hinten einrollt und ihr Abstand von den Bändern daher an verschiedenen Stellen ein sehr ungleicher sein muss. Letzterer bedingt hauptsächlich das Maass der Spannung und wir können daher für deren Wechsel wenigstens annähernd einen Ausdruck gewinnen, indem wir den geraden Abstand des Bandansatzes von einer Anzahl peripherischer Gelenkpunkte messen. Ich wähle als solche die beiden

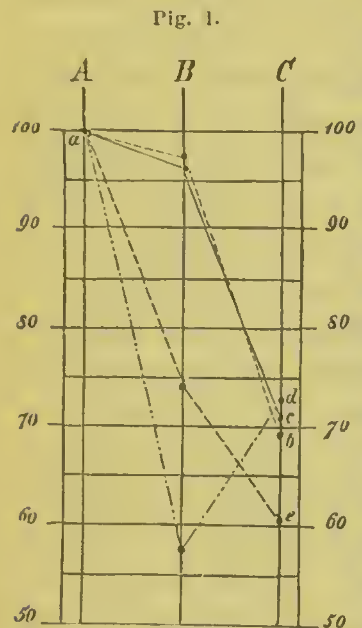
Enden der ganzen Gelenklinie, entsprechend der Streck- und Beugelage des Gelenkes, und füge als Repräsentanten einer Mittellage den fest gegebenen Berührungspunkt des vordern und hintern Kreissegmentes bei. Für die 10 Gelenke unserer Tabelle bemessen sich die bezüglichen Abstände in Millimetern in folgender Weise. Dem Mittel füge ich die relativen Werthe der einzelnen Abstände in Procenten des für jedes Band grössten bei.

	Inner. Seitenband.			Aeusser. Seitenbd.			Hinter. Kreuzband.			Vorder. Kreuzbd.		
	Streckl.	Mittell.	Beugel.	Streckl.	Mittell.	Beugel.	Streckl.	Mittell.	Beugel.	Streckl.	Mittell.	Beugel.
1	31	25	18	20	23,5	19	28	20	21	15,5	19	13
2	29	28	22	19	22	20	33,3	19	13	21,5	15	17
3	25	29,5	22	24	24	20	30	17	17	28	18	15,5
4	26,5	25	19	21	23	16	24	16	22	24,5	12,5	14
5	33	32	23	25	25	17,5	39	15,5	18	27,5	20,5	15
6	30	26,5	18	28,5	22	13	30	16,5	21,5	28	17,5	15
7	29	29	13	17,5	21	18	25	17	15	24,5	16	12
8	31	33	22	29	25	17,5	31	16	26	27,5	18,5	20,5
9	31	28,5	20	25	23,5	18	21	19	25,5	29	20	14,5
10	26	28	25	31	23	12	25	18	29	29,5	27	14
Mittel in Mm.	29,1	28,4	20,2	24,0	23,2	17,1	28,6	16,4	20,8	24,9	18,4	15,0
Mittel in Procenten des grössten Abstandes.	100	97,6	69,4	100	96,7	70,8	100	57,3	72,7	100	73,9	60,2

Vorstehende Zahlen erläutern die längst bekannte Thatsache, dass im Kniegelenke die stärkste Anspannung der Bänder mit dessen Strecklage zusammenfällt. Der Abstand des Bandansatzes von der Gelenkperipherie ist hier wenigstens für das Mittelgelenk durchweg am grössten. Durch Beugebewegung wird dessen Herabsetzung, also auch eine Abnahme der Spannung herbeigeführt (Fig. 4). Es ist diese Abnahme nur für ein einziges Band, nämlich das vordere Kreuzband, eine annähernd gleichförmige. Für die Seitenbänder ist sie, so lange das vordere Segment der Gelenkfläche in Thätigkeit sich befindet, eine kaum merkliche; erst das hintere Segment lässt sie ebenso entschieden wie rasch zur Geltung kommen. Ganz eigenartig wird das hintere Kreuzband dadurch, dass seine geringste Länge der Mittellage des Gelenkes angehört, dass demnach in der Beugelage wiederum ein allerdings nur mässiger Grad von Spannung eintritt. Abgesehen hiervon ist das relative Maass in der Zu- und Abnahme von Spannung für die beiden Kreuzbänder ein ebenso übereinstimmendes wie für die beiden Seitenbänder [1]). Diese be-

1) Bekanntlich erschlafft das äussere Seitenband trotzdem in der Beugelage stärker als das innere. Der Grund liegt, wie man längst weiss, in dessen schräger Verlaufsweise zum Unterschenkel.

wegen sich übrigens in ihren Spannungsverhältnissen innerhalb engerer Grenzen als jene.



Graphische Darstellung des Abstandes der Bandansätze von verschiedenen Punkten der Gelenkperipherie in Procenten d. grössten Abstandes. Die untere Hälfte der Scala wurde als überflüssig weggelassen. *A* Abstand d. Bandansatzes vom vorderen, *C* vom hinteren Ende der Profillinie des Gelenkes, *B* von dem Grenzpunkte des vorderen und hinteren Kreissegments; *A* entsprechend der Streck-, *C* der Beuge-, *B* der Mittellage des Gelenkes. *ab* inneres, *ac* äusseres Seitenband; *ad* hinteres, *ae* vorderes Kreuzband.

Die früher nachgewiesenen individuellen Schwankungen im Ansatze der Bänder müssen natürlich in deren Spannungen einen Wiederhall finden. So sehen wir, dass in einzelnen Fällen die stärkste Dehnung der Seitenbänder nicht in der Strecklage, sondern in der Mittellage stattfindet und dass somit von dieser aus nach zwei entgegengesetzten Seiten hin eine Erschlaffung eintritt, ja es fehlt sogar nicht an Gelenken, wo eine solche nach der Streckseite ebenso entschieden ausgeprägt ist, als nach der Beugeseite. Einen durchaus einheitlichen Charakter wahrt das vordere Kreuzband. Das hintere dagegen kann in einzelnen Fällen gleich ihm die geringste Spannung von der Mittellage auf die Beugelage übertragen. Für Einzelheiten verweise ich wohl am besten auf die in der Tabelle enthaltenen Zahlen.

Durch H. Meyer ist zuerst hervorgehoben worden, dass die Streckbewegung des Knies mit einer Supination des Unterschenkels schliesse und die Beugebewegung mit dessen Pronation beginne. Von späteren Forschern, wie namentlich Henke und Langer, sind zum Theil sehr verwickelte Erklärungen dieser Thatsache versucht worden. Sie lässt sich indessen unschwer auf die Spannungsverhältnisse der Kreuzbänder zurückführen, ohne dass es nöthig wäre, seine Zuflucht zu einer besonderen Gestaltung der Gelenkflächen oder zu eigenartigen Drehachsen zu nehmen. Genannte Bänder haben das Gemeinsame, durch die Streckbewegung des Knies gespannt zu werden. Sie stimmen auch darin überein, dass sie sowohl die Drehachse des Gelenkes als auch die Richtung des Muskelzuges schräg überkreuzen. Letztere enthält somit zwei rechtwinklig zu einander gestellte Componenten, deren eine die Endpunkte der Bänder in einer sagittalen Ebene nach vorn oder hinten, nach oben oder unten zu verschieben strebt, deren andere eine Verrückung in einer horizontalen Ebene nach aussen oder innen vermittelt. So lange die Bänder unvollkommen gespannt sind, kommt nur die erste der beiden

Componenten zur Geltung. Die vollkommene Spannung setzt ihr einen Damm. Die zweite Componente tritt jetzt in Kraft. Für sie liegt in der Spannung der Bänder nicht das geringste Hinderniss, da die entstehende Rotation die Länge der Bänder durchaus unberührt lässt. Das vordere Kreuzband spielt unstreitig die Hauptrolle. Die Richtung desselben erklärt es zur Genüge, dass sich die Rotation als Auswärtsdrehung oder Supination des Unterschenkels äussert; denn nur in dieser Weise wird die schräge Richtung des Bandes vermindert und dessen Achse derjenigen des Muskelzuges genähert. Die Rotation erfolgt um das nahezu senkrechte hintere Kreuzband und das entsprechende Ende des vorderen Kreuzbandes. Die Verschiebung des Unterschenkels betrifft also vornehmlich den inneren Condylus; daher denn auch die Verlängerung seiner Gelenkfläche nach vorn. Beginnende Beugung macht diese in der Spannung der Bänder begründete Rotation natürlich wieder rückgängig. Der Unterschenkel kehrt vor allem in seine frühere Lage zurück; er wird um ebensoviel pronirt, als er supinirt worden war. Es ist leicht, sich von diesen Verhältnissen an Gelenken, denen alle Bänder bis auf die Kreuzbänder genommen sind, experimentell zu überzeugen. Bei starker Streckung und darauf folgender Beugung geht die Supination und Pronation genau in derselben Weise vor sich wie im unverletzten Gelenke, wohl ein sicherer Beweis, dass der Grund der Erscheinung in den Kreuzbändern zu suchen ist. Die praktische Erfahrung stimmt also vollständig mit den bereits vorgebrachten theoretischen Erwägungen überein. Bei Anstellung des Versuches bestätigt der Augenschein die hervorragende, ja wir dürfen wohl sagen entscheidende Rolle des vorderen Bandes für das Zustandekommen der Rotation, während das hintere Band mehr berufen ist, ihr durch seine Spannung eine annähernd feste Achse zu verschaffen. Die von uns als Regel erkannte Grundform der beiden Condylen hat mit dem gänzen Vorgange nichts zu thun. Ein Beweis hierfür liegt schon darin, dass die Pro- und Supination sich nicht allmählich während der Beuge- und Streckbewegung, sondern plötzlich im Beginne der einen und am Schlusse der anderen vollzieht.

